

ANALISIS FREKUENSI DASAR DAN FREKUENSI FORMANT DARI FONEM HURUH HIJAIYAH UNTUK PENGUCAPAN MAKHRAJ DENGAN METODE DTW

Muhammad Subali¹
Miftah Andriansyah²
Christanto Sinambela³

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Cendekia Abditama

³Jurusan teknik Elektro, Universitas Gunadarma

¹muhammadsubali@yahoo.com, ²miftah.andriansyah@gmail.com,

³christantosinambela31@gmail.com

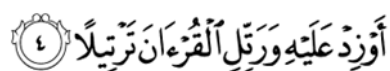
ABSTRAK

This article aims to look at the similarities and differences in the fundamental frequency and formant frequencies using the autocorrelation function and LPC function in GUI MATLAB 2012b on sound hijaiyah letters for adult male speaker beginner and expert based on makhraj pronunciation and both of speaker will be analysis on matching distance of the sound use DTW method on cepstrum. Subject for speech beginner makhraj pronunciation are taken from college student of Universitas Gunadarma and STTC aged 22 years old. Data of the speech beginner makhraj pronunciation is recorded using MATLAB algorithm on GUI. Subject for speech expert makhraj pronunciation are taken from previous research. They are 20-30 years old from the time of taking data. The sound will be extracted to get the value of the fundamental frequency and formant frequency. After getting both frequencies, it will be obtained analysis of the similarities and differences in the fundamental frequency and formant frequencies of speech beginner and expert and it will shows matching distance of both speech. The result is all of speech beginner and expert based on makhraj pronunciation have different values of fundamental frequency and formant frequency. Then the results of the analysis matching distance using method DTW showed that there is no identical similarity of between speech beginner and expert based on makhraj pronunciation.

Keywords: Fundamental Frequency, Formant Frequency, Hijaiyah Letters, Makhraj

PENDAHULUAN

Al-Qur'an adalah kitab suci umat Islam diberikan oleh Allah SWT kepada Nabi Muhammad SAW. Setiap Muslim didunia diwajibkan untuk membaca Al-Qur'an dengan vokal yang baik berdasarkan dengan salah satu ayat dari Al-Qur'an Al-Muzamill: 4 yang berbunyi:



Artinya, “atau lebih dari seperdua itu. Dan bacalah Al Quran itu dengan perlahan-lahan.” Untuk dapat membaca

Al-Qur'an dengan bacaan yang terukur diperlukan pengetahuan tentang tajwid dan pengucapan makhraj sehingga dalam membaca Al-Qur'an tidak seperti halnya membaca buku. Dalam membaca buku, kita tidak dianjurkan untuk membedakan pengucapan suara dari setiap kalimat karena setiap huruf Latin tidak memiliki makna atau arti. Hal ini berbeda dengan huruf-huruf hijaiyah yang memerlukan ilmu dalam pengucapan makhrajnya agar dapat membedakan suara tiap pengucapan huruf hijaiyah. Biasanya ada guru untuk membantu orang-orang yang baru belajar

membaca Al-Qur'an untuk mengucapkannya dengan benar dan terukur. Jika dalam pengucapannya terdapat kesalahan membacanya maka hal itu akan membuat arti dari bacaan tersebut berubah. Maka dari itu diperlukan sebuah algoritma untuk membuat keputusan pada pengucapan huruf-huruf hijaiyah untuk mengetahui kemiripan pengucapan makhraj secara acak berdasarkan kebenaran pengucapan makhrajnya. Biasanya, pembicara pemula atau yang baru belajar membaca Al-Qur'an dalam mengucapkan huruf hijaiyah berdasarkan makhrajnya mengalami kesulitan dan menghasilkan suara yang berbeda jika dibandingkan dengan suara pembicara yang sudah ahli membaca Al-Qur'an.

Manusia memiliki keunikan suara tergantung pada persepsi fisik terhadap suara tersebut berdasarkan *pitch* dan formant. Dengan berkembangnya teknologi dibidang komunikasi dan informasi, hal itu dapat membantu kita untuk melakukan proses identifikasi antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj.

Penelitian ini fokus dalam menganalisa frekuensi dasar dan frekuensi formant pada suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dengan metode DTW. Ada dua pembicara yang diambil suaranya. Pertama yaitu pembicara pemula, dia adalah seorang muslim yang dapat mengaji namun masih belum mengetahui tentang pengucapan makhraj dengan benar. Sedangkan yang kedua adalah pembicara ahli yang sudah ahli dalam mengaji dan dapat mengucapkan makhraj dengan baik dan benar. Proses dalam perekaman, ekstraksi ciri-ciri suara, dan pencocokan jarak kedua suara dilakukan menggunakan GUI MATLAB 2012b.

Makhrijul

Makhrijul adalah letak-letak tempat keluarnya huruf hijaiyah ketika diucapkan oleh manusia. Biasanya seseorang membuat suara yang berbeda

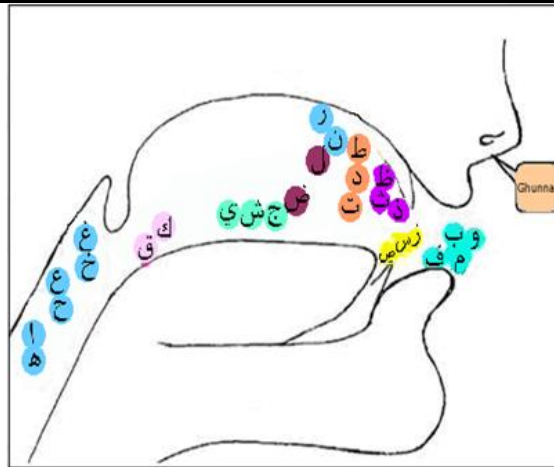
atau yang tidak seharusnya ketika mengucapkan huruf hijaiyah tanpa mengetahui letak-letak tempat keluarnya huruf tersebut. Hal itu bisa terjadi karena kesamaan suara yang dihasilkan oleh satu huruf dengan huruf yang lain dan biasanya huruf tersebut sulit untuk diucapkan jika mengikuti pengucapan makhraj yang benar. Misalnya ketika kita mengucapkan huruf ذ (Dzal) dan ظ (Zho). Oleh karena itu diperlukan pengetahuan dan latihan mengucapkan makhraj huruf-huruf hijaiyah dengan benar.

Silent, Voiced, dan Unvoiced

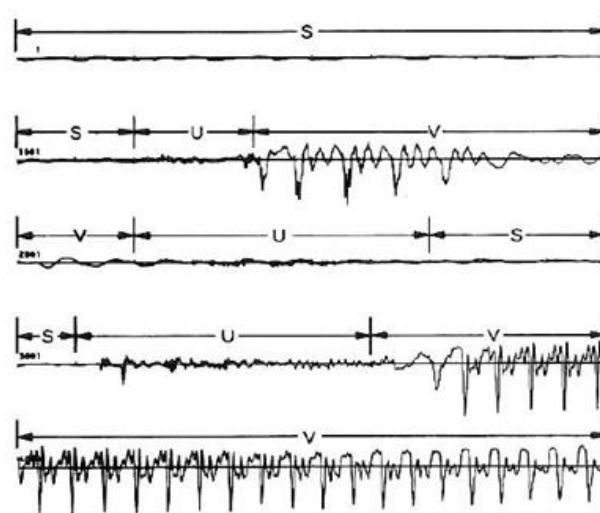
Ada berbagai cara untuk mengklasifikasikan bagian-bagian atau komponen sinyal ucapan. Salah satu cara yang sederhana adalah dengan cara mengklasifikasikannya menjadi tiga keadaan yang berbeda, yaitu (1) *silence* (S), keadaan pada saat tidak ada ucapan yang diucapkan; (2) *unvoiced* (U), keadaan pada saat *vocal cord* tidak melakukan vibrasi, sehingga suara yang dihasilkan bersifat tidak periodik atau bersifat random; (3) *voiced* (V), keadaan pada saat terjadinya vibrasi pada *vocal cord*, sehingga menghasilkan suara yang bersifat kuasi periodik.

Frekuensi Dasar (*Pitch/F0*)

Frekuensi dasar adalah pengulangan unit terkecil yang mampu menggabungkan dua atau lebih periode dari suatu sinyal yang menunjukkan secara subjektif bagaimana sifat suatu sinyal, khususnya sinyal yang periodik. Frekuensi dasar merupakan kebalikan (*invers*) dari sinyal. Melalui frekuensi dasar bisa mengetahui bagaimana pola suatu sinyal, apakah sinyal tersebut memiliki pola yang naik, turun atau datar. Sinyal dengan periode yang lama memiliki nilai *pitch* yang kecil, sedangkan sinyal dengan periode yang singkat memiliki *pitch* yang besar. Melalui frekuensi dasar, sinyal periodik, seperti sinyal huruf vokal, dapat kita lihat berapa lama sinyal itu melakukan perulangan.



Gambar 1: Tempat Keluarnya Makhraj dari Tiap Huruf Hijaiyah



Gambar 2: Contoh Sinyal Ucapan "It's time"

Fungsi Autokorelasi

Korelasi antara dua bentuk gelombang adalah suatu ukuran kesamaan keduanya. Bentuk gelombang dibandingkan pada selang waktu berbeda, dan "kesamaan" dihitung pada selang waktu masing-masing. Hasil suatu korelasi adalah ukuran kesamaan sebagai fungsi penyimpangan waktu antara permulaan kedua bentuk gelombang. Fungsi autokorelasi adalah korelasi suatu bentuk gelombang dengan dirinya sendiri. Kesamaan tepat pada selang waktu nol, sedangkan ketidaksamaan terus meningkat seiring bertambahnya selang waktu.

Frekuensi Formant (F1, F2, dan F3)

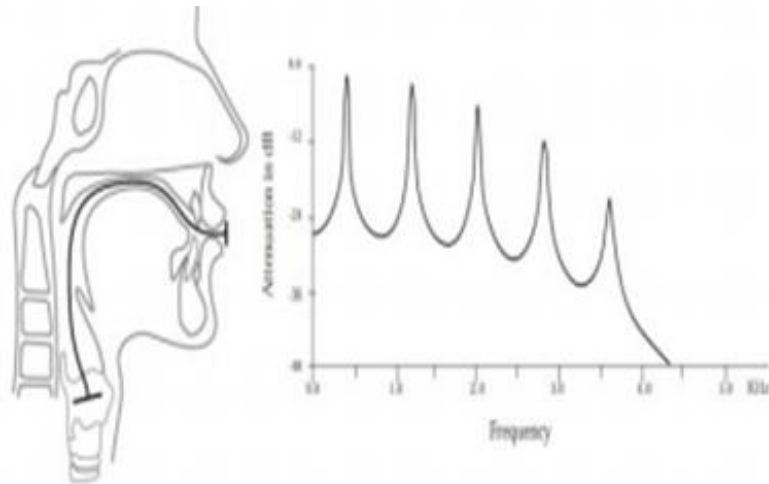
Dalam akustik, formant didefinisikan sebagai puncak dalam *envelope* spektrum pada bunyi suara. Frekuensi formant dihasilkan didalam rongga bidang suara pada manusia. Umumnya, suara manusia mempunyai tiga karakteristik formant yaitu F1, F2, dan F3. Sedangkan F0 adalah frekuensi dasar yang merupakan pengulangan unit terkecil yang mampu menggabungkan dua atau lebih periode dari suatu sinyal yang menunjukkan secara subjektif bagaimana sifat suatu sinyal, khususnya sinyal yang periodik. Frekuensi formant dirumuskan seperti pada persamaan 1 berikut.

$$F_{k+1} = \frac{(2k+1) \cdot c}{4 \cdot L} \dots\dots\dots (1)$$

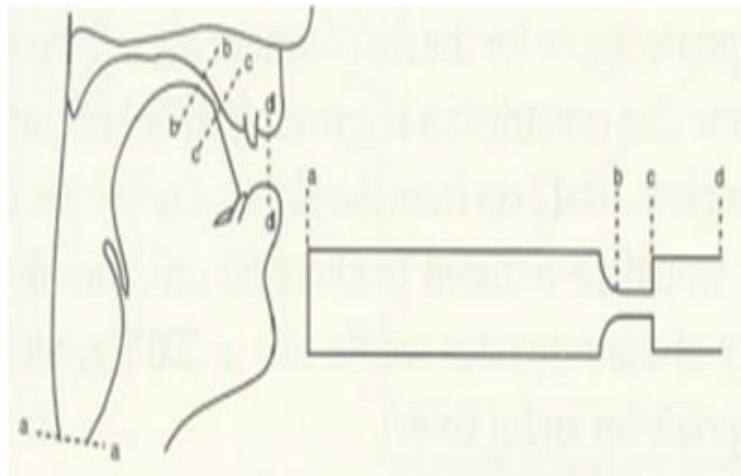
Dimana k = bilangan frekuensi formant (k=0, 1, 2, 3, ...)

c = cepat rambat bunyi

L = Panjang tabung



Gambar 3: Frekuensi Formant Saat Terjadi Bunyi (Fitch. W. T)



Gambar 4: Model Tabung Resonansi Vocal Track (Helmholtz Resonator) (Fitch. W. T)

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_{bc}}{V_{ab} L_{bc}}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: A_{bc} = Luas penampang tabung bc
 L_{bc} = Panjang tabung bc
 V_{ab} = Volume tabung ab

Pada gambar 4, frekuensi resonansi dianalogikan sebagai frekuensi Helmholtz pada persamaan 2.

Analisis LPC (*Linier Predictive Coding*)

LPC merupakan salah satu metode pengenalan suara berdasarkan suara manusia. Ini bertujuan untuk memisahkan frekuensi formant dengan frekuensi dasar dari suara manusia. Analisis *Linear Predictive Coding* (LPC) adalah salah satu cara untuk mendapatkan pendekatan spektrum suara. (Kurnianto, 2005).

DTW (*Dynamic Time Warping*)

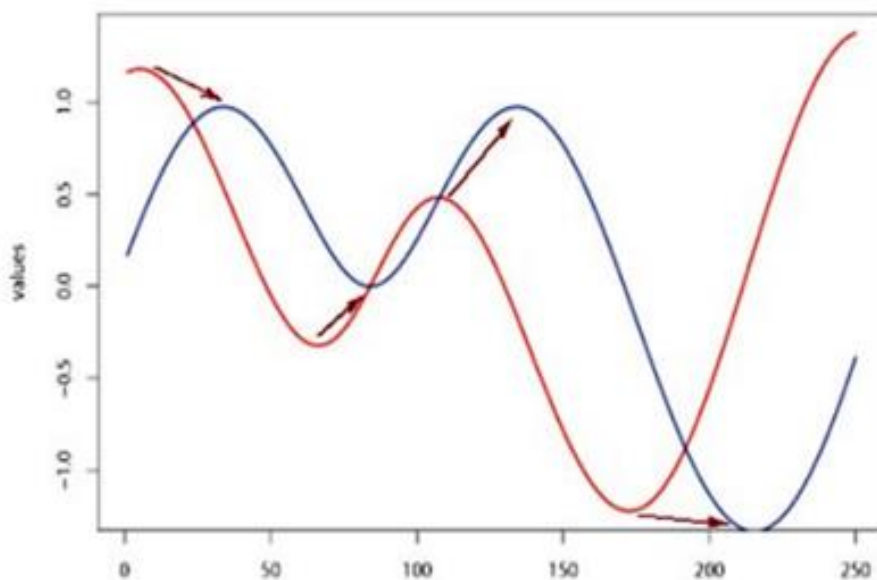
DTW adalah salah satu metode untuk proses perhitungan kecocokan kesamaan antara dua persamaan yang berbeda pada kecepatan dan waktu. Pencocokan dilakukan dengan menggunakan pendekatan untuk menemukan jarak terkecil. Misalnya ada dua data, data pertama adalah seseorang yang berjalan dengan perlahan-lahan, data kedua adalah seseorang yang berjalan dengan cepat. Persamaannya adalah $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ dan $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$. Lalu kedua persamaan tersebut dimasukkan kedalam grafik pada gambar 5. Pada gambar 5, terdapat dua grafik dalam domain waktu. Kedua grafik tersebut memiliki pola yang sama tetapi tidak sama pada posisi. Hal ini dapat terjadi karena ada jeda yang berbeda antara X dan Y.

METODE PENELITIAN

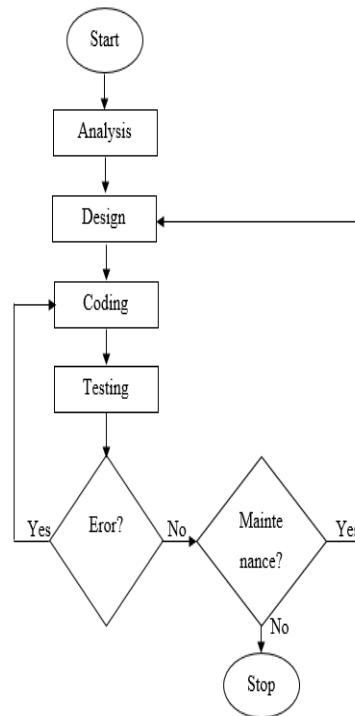
Merancang GUI

Terdapat beberapa langkah-langkah dalam merancang GUI yang telah diringkas pada gambar 6. Analisis, di mana perancang menganalisa masalah dan mengatur hal-hal yang diperlukan dalam perancangan GUI.

1. Desain, dalam tahap ini setelah mengetahui masalahnya, perancang membuat desain sederhana GUI sehingga pembaca dapat lebih mudah untuk memahami.
2. Koding, mengubah autokorelasi dan fungsi LPC menjadi struktur algoritma yang cocok. Penelitian ini akan menggunakan MATLAB 2012b untuk membuat GUI dan mengubah autokorelasi dan fungsi LPC dalam bentuk algoritma.
3. Pengujian, fase pengujian adalah untuk mengetahui GUI telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Jika GUI memiliki kesalahan perancang melakukan pengkodean ulang program.
4. Pemeliharaan, tahap akhir yaitu melakukan pemeliharaan jika GUI memiliki perubahan atau diperlukan beberapa tambahan untuk meningkatkan sistem program.



Gambar 5: Grafik Perbandingan Antara Persamaan X dan Y



Gambar 6: Alur Diagram dalam Merancang GUI

Navigasi GUI

Dari halaman depan, pembicara dapat mengakses beberapa menu termasuk menu *Makhraj Pronunciation*, *Help*, dan *Profile*. Setiap menu memiliki homepage yang berbeda.

Blok Diagram Penelitian

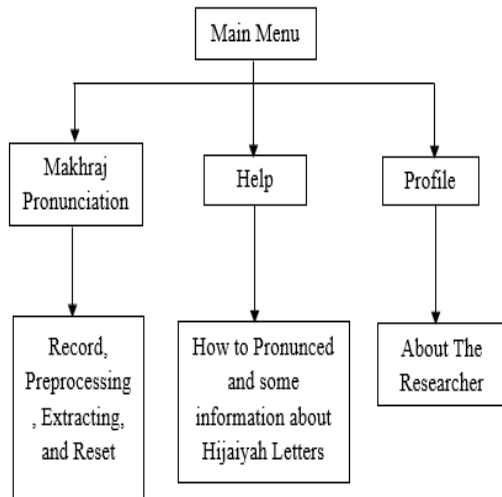
Berdasarkan tahap penelitian, diagram blok dapat dibagi menjadi beberapa blok. Blok diagram penelitian dapat ditunjukkan pada gambar 8.

Blok input:

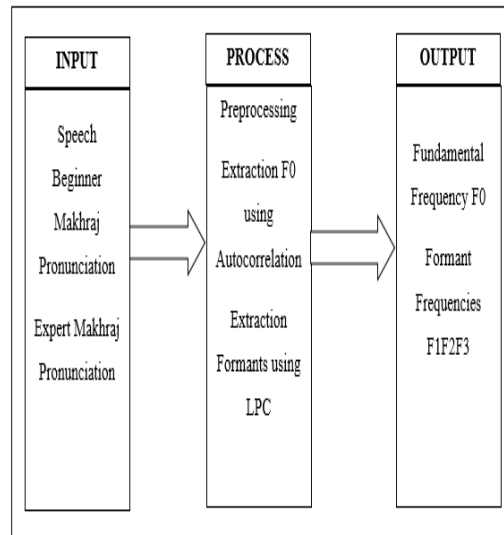
1. Suara pembicara pemula diambil dengan merekam suara tersebut menggunakan mikropon laptop.
2. Suara pembicara ahli diambil dari penelitian sebelumnya yaitu "Frekuensi Forman Sebagai Model Akustik Tabung Sederhana Dari Vocal Tract".

Blok Proses:

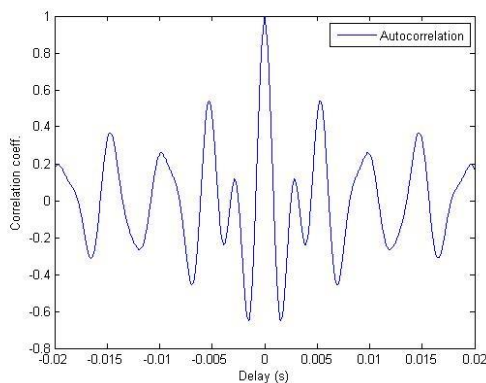
1. *Preprocessing*, untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi proses ekstraksi, biasanya akan dilakukan proses *preprocessing* sebelum diekstraksi. Ada dua langkah dalam *preprocessing*, *pre-emphasis* dan Voice Activation Detection (VAD).
2. Proses untuk mendapatkan frekuensi dasar (F0) pada penelitian ini adalah dengan cara ekstraksi menggunakan fungsi autokorelasi. Hasil yang akan dikeluarkan nanti berupa koefisien korelasi dan nilai frekuensi dasar.
3. Proses untuk mendapatkan frekuensi formant (F1, F2, dan F3) pada penelitian ini adalah dengan cara ekstraksi menggunakan fungsi LPC. Hasil yang akan dikeluarkan nanti berupa frekuensi respon dan nilai frekuensi formant.



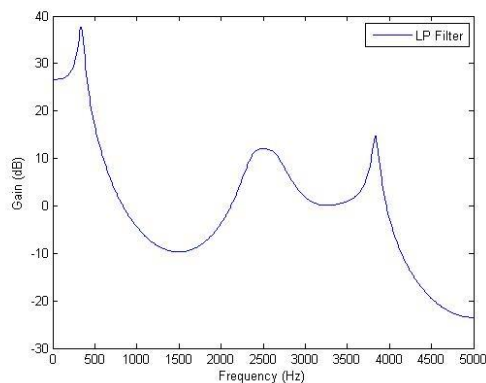
Gambar 7: Struktur Navigasi GUI



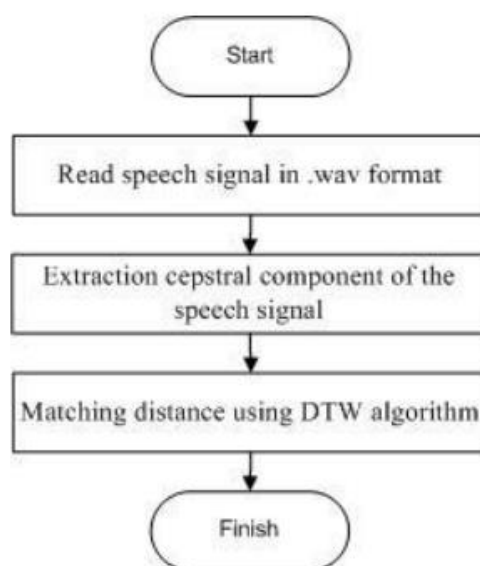
Gambar 8: Blok Diagram Penelitian



Gambar 9: Koefisien Korelasi dengan Pendekatan LPC



Gambar 10: Tanggapan Filter dengan Pendekatan Autokorelasi



Gambar 11: Alur Diagram Pencocokan Jarak Menggunakan Algoritma DTW

Pencocokan Jarak Menggunakan Algoritma DTW

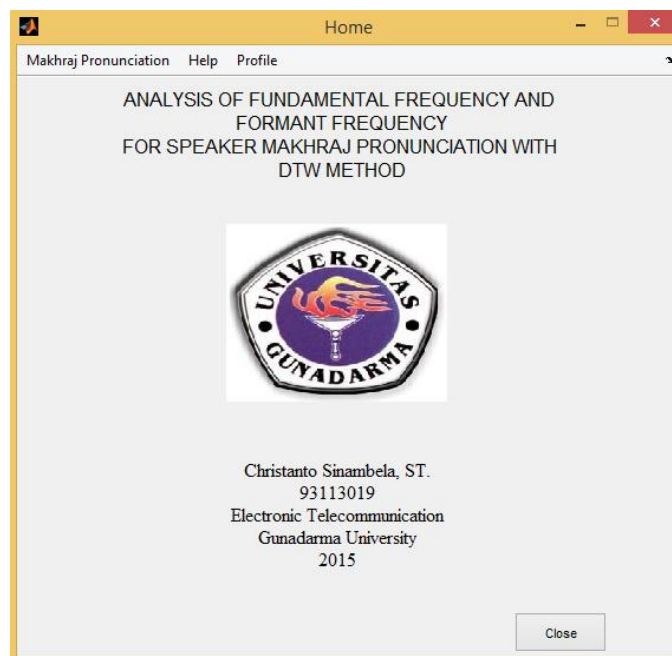
Program ini dimulai dengan membaca sinyal suara dalam format wav untuk mendapatkan nilai vektor dan frekuensi sampling dari rekaman dan kemudian ekstraksi komponen cepstral dari sinyal suara untuk mendapatkan nilai koefisien cepstral dari sinyal. Tahap terakhir, proses jarak pencocokan menggunakan algoritma

DTW untuk mendapatkan pola dan nilai jarak yang cocok untuk pembicara pemula dan ahli dalam pengucapan makhraj.

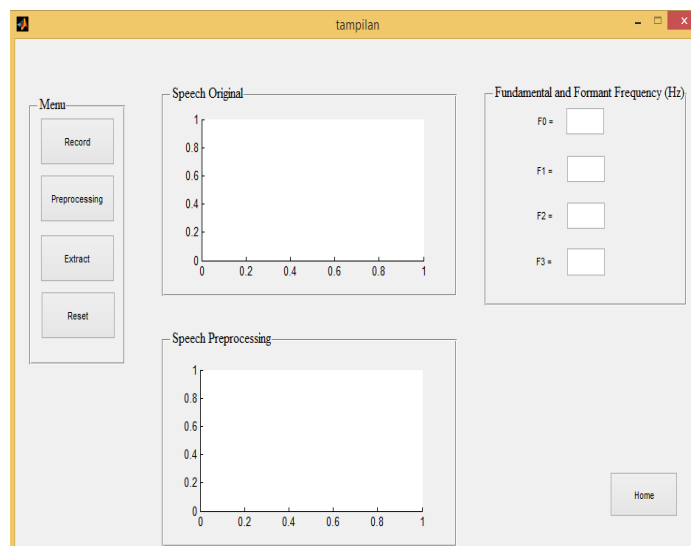
HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi GUI Pengucapan Makhraj

Pada bagian ini menampilkan hasil desain aplikasi GUI pengucapan makhraj yang terdiri dari tiga menu *Makhraj Pronunciation*, *Help*, dan *Profile*.



Gambar 12: Halaman Depan Aplikasi GUI Pengucapan Makhraj



Gambar 13: Halaman Menu *Makhraj Pronunciation*



Gambar 14: Halaman Menu *Help*

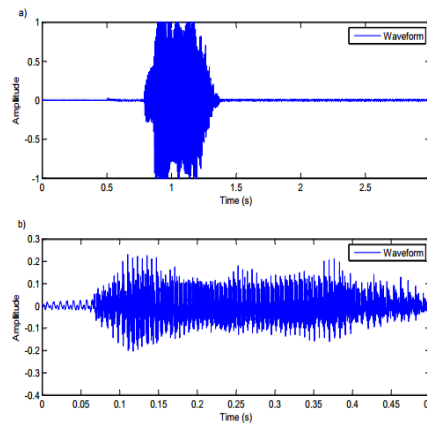


Gamabr 15: Halaman Menu *Profile*

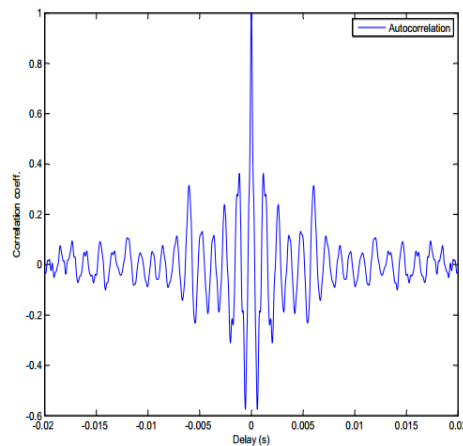
Analisa Pengucapan Makhraj

Pada bagian ini menampilkan hasil dari perekaman, *preprocessing*, dan nilai

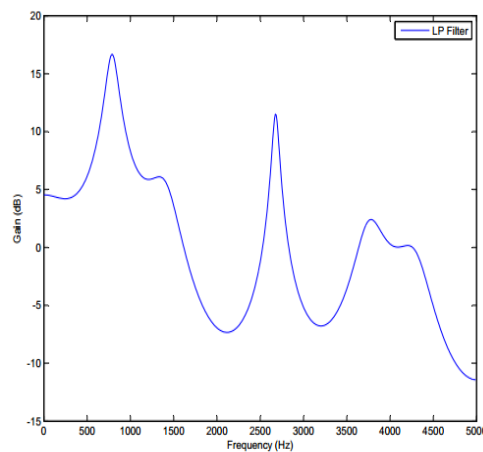
frekuensi dasar serta frekuensi formant suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj.



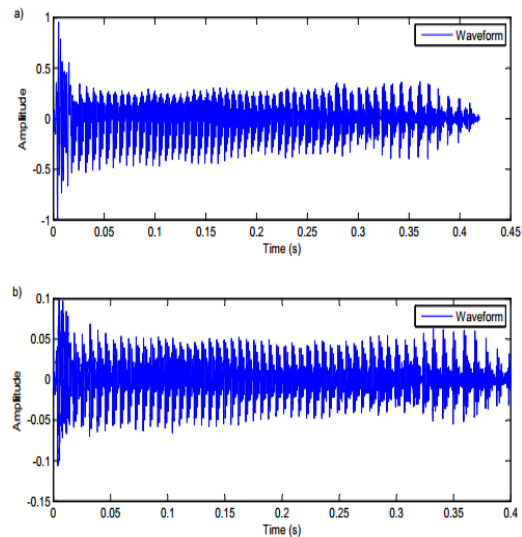
Gambar 16: Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ yang Dihasilkan Oleh Pembicara Pemula
a) Sinyal suara asli dan b) Sinyal Suara Setelah *Preprocessing*



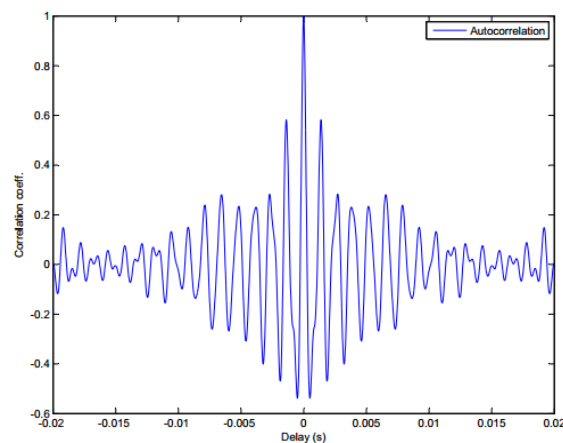
Gambar 17: Koefisien Korelasi Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Pemula
Frekuensi dasar (F0) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara pemula adalah 165,045Hz.



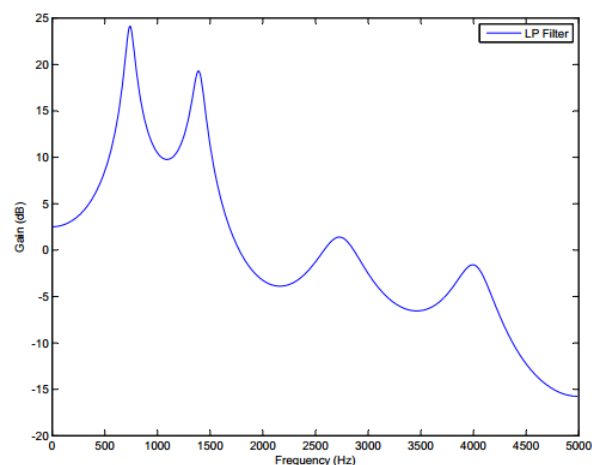
Gambar 18: Tanggapan Filter Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Pemula
Frekuensi formant (F1, F2, dan F3) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara pemula adalah 788,3Hz, 1410,3Hz, dan 2678,6Hz.



Gambar 19: Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ yang Dihasilkan Oleh Pembicara Ahli
a) Sinyal suara asli dan b) Sinyal Suara Setelah *Preprocessing*



Gambar 20: Koefisien Korelasi Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Pemula
Frekuensi dasar (F0) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara ahli adalah 363,861Hz.



Gambar 21: Tanggapan Filter Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /ba/ Pembicara Ahli
Frekuensi formant (F1, F2, dan F3) yang dihasilkan dari fonem huruf hijaiyah fat-hah /ba/ pembicara pemula adalah 738,816Hz, 11393,95Hz, dan 2734,98Hz.

Hasil Pencocokan Jarak Menggunakan Metode DTW

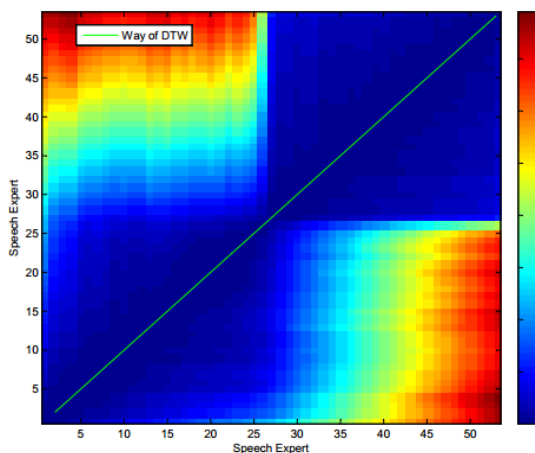
Pada bagian ini menampilkan hasil dari pencocokan jarak menggunakan metode DTW antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli berupa grafik dan nilai jarak terkecil. Gambar 22 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak identic untuk fonem huruf hijaiyah dham-mah /su/ antara suara pembicara ahli dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokan adalah 0. Jarak terbaik matriks distorsi adalah diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara ahli dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj adalah sama dengan nol.

Gambar 23 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak fonem huruf hijaiyah fat-hah /sa/ antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokannya adalah 52,9362. Jarak terbaik matriks distorsi adalah tidak diagonal karena nilai jarak pencocokan

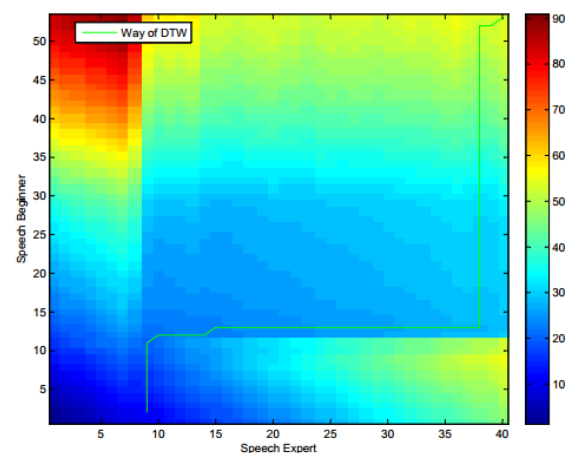
antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj tidak sama dengan nol.

Gambar 24 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak fonem huruf hijaiyah kas-rah /si/ antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokannya adalah 136,4. Jarak terbaik matriks distorsi adalah tidak diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj tidak sama dengan nol.

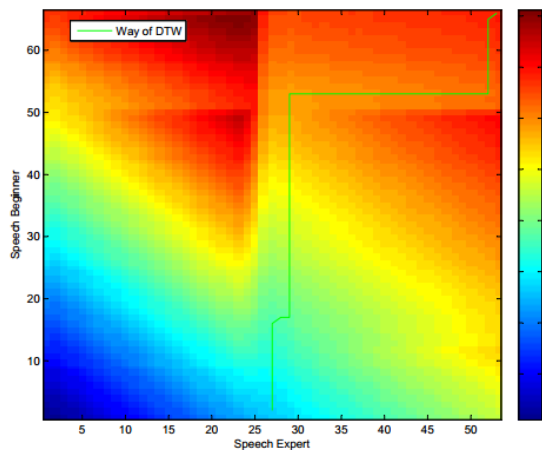
Gambar 25 menunjukkan grafik hasil pencocokan jarak fonem huruf hijaiyah dham-mah /su/ antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj dan nilai jarak pencocokannya adalah 112,4516. Jarak terbaik matriks distorsi adalah tidak diagonal karena nilai jarak pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj tidak sama dengan nol.



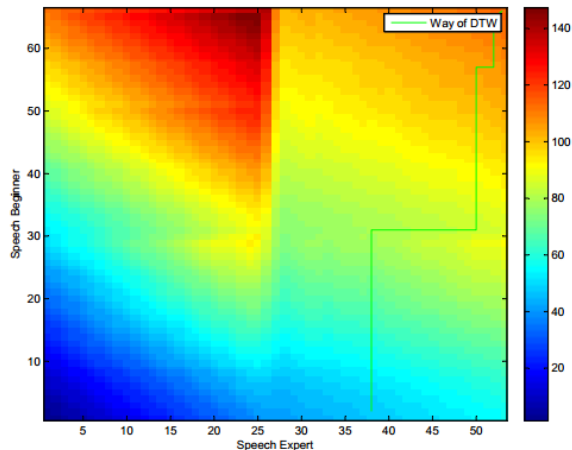
Gambar 22: Pencocokan Jarak Identik Fonem Huruf Hijaiyah Dham-mah /su/



Gambar 23: Pencocokan Jarak Fonem Huruf Hijaiyah Fat-hah /sa/



**Gambar 24: Pencocokan Jarak Fonem
Huruf Hijaiyah Kas-rah /si/**



**Gambar 25: Pencocokan Jarak Fonem
Huruf Hijaiyah Dham-mah /su/**

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Perancangan aplikasi GUI pengucapan makhraj dan analisis frekuensi dasar dan frekuensi formant telah selesai. Berdasarkan analisis data yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan:

1. Fungsi autokorelasi dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi dasar pembicara dalam pengucapan makhraj dan fungsi LPC dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi formant pembicara dalam pengucapan makhraj.
2. Metode DTW dapat digunakan dalam untuk mengetahui nilai jarak terkecil pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj. Semua huruf hijaiyah yang digunakan sebagai data pada penelitian terdiri dari fat-hah, kas-rah, dan dham-mah berjumlah 84 huruf mempunyai nilai jarak pencocokan antara 28,9746 hingga 136,4. Selain itu, nilai jarak pencocokan untuk fonem yang identic adalah 0. Oleh karena itu, semakin besar nilai pencocokan jarak yang dihasilkan maka menghasilkan sinyal suara yang menjauhi dari sinyal aslinya.
3. Perancangan aplikasi GUI pengucapan makhraj menggunakan MATLAB 2012b telah selesai dilakukan. Namun Masih terdapat kekurangan pada bagian menu

untuk melakukan analisa misalnya pada menu DTW, hal itu diperlukan agar pembicara dapat mengetahui nilai jarak pencocokan.

Saran

Penelitian ini hanya fokus pada perancangan aplikasi GUI pengucapan makhraj dan analisa frekuensi dasar dan frekuensi formant pada pembicara pengucapan makhraj. Oleh karena itu, penulis memberikan beberapa saran dengan harapan agar para pembaca dapat meneruskan penelitian ini lebih lanjut. Berikut beberapa poin yang perlu diperhatikan:

1. Diperlukan jaringan syaraf tiruan untuk membuat keputusan dari nilai jarak pencocokan antara suara pembicara pemula dan pembicara ahli dalam pengucapan makhraj.
2. Diperlukan mikropon khusus atau alat tertentu yang digunakan untuk merekam dan hasil perekaman akan lebih bagus jika dilakukan dalam ruangan tertutup atau yang jauh dari keramaian.
3. Tampilan GUI masih perlu banyak perbaikan agar lebih menarik dilihat dan tampilan output diusahakan agar lebih berbentuk visual terutama pada bagian menu *Help*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, H. and Suyanto, H. (2009). *Pola Frekuensi Dasar Suara Penyiar Radio Indonesia*. Digital Information & System Conference. Yogyakarta.
- Altedzar, R. W. D. and Susetyo, B. B., (2010). *Aplikasi Pengenalan Gender Melalui Suara*. Yogyakarta. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI).
- Camell, T. (1997). *Spectrogram Reading: What are formants?*. Access on January 12 2015 from: <http://www.cslu.ogi.edu/tutordemos/SpectrogramReading/ipa/formants.html>
- Department of Speech, Hearing, & Phonetic Sciences. (2009). *Speech Signal Analysis*. Access on January 31 2015 from: <http://www.phon.ucl.ac.uk/courses/psci/matlab/lect10.html>
- E. group. *Cepstrum Method*. (1998). Accessed on January 12 2015. <http://www.clear.rice.edu/elec532/PROJECTS98/speech/cepstrum/cepstrum.html>
- G. Blanchet and M. Charbit, Editions ISTE, (2006). Accessed February 11 2015 from: <http://perso.telecom-paristech.fr/~blanchet/livres/PROGSen/>.
- Heeger, D. (2006). *Perception Lecture Notes: Cochlear Implants and Speech Perception*. Access on January 12 2015 from <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/speech/speech.html>
- Kurnianto, N. A. (2005). *Penentuan Jenis Kelamin Itik Dengan Metode Dynamic Time Warping (DTW)*. Diponegoro University. Semarang.
- MATLAB. (2014). *Creating Graphical User Interfaces*.
- Mustari. (2009). *Aplikasi Makharijul Huruf Hijaiyah Berbasis Multimedia*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Rabiner, L. & Hwang-Juang, B. (1993). *Fundamentals of Speech Recognition*. PTR Pentice-Hall, Inc.
- Rachman, S. (2006). *Visualisasi Pengenalan Ucapan Vokal Bahasa Indonesia dengan Metode LPC-DTW*. Diponegoro University. Semarang.
- Rose, E. G. H. (2005). *Fundamental Frequency Estimation and Modelling for Speaker Recognition*. University of Joensuu
- Sisterinhijab. (2011). *The 17 Specific Makhraj*. Accessed on January 31 2015 from: <http://www.sisterinhijab.munirah.co.uk/quran/the-17-specific-makhraj/>
- Siswono, H. (2008). *Pengolahan Sinyal Digital*. Depok.
- Vaseghi, S. (2006). *Chapter 13-Speech Processing*.
- Weenink, D. (2013). *Speech Signal Processing with Praat*.
- Yuliastuti, A. (2003). *Pengenalan Voiced Dan Unvoiced*. Dipenogoro University. Semarang.